原　著

福井大学医学部研究雑誌　第６巻　第１号・第２号合併号（2005）

医学部における物理教育と実習

内田聡子

医学科　生命情報医科学講座　生命物質科学

Physics Education and Laboratory Exercises in the Faculty of Medical Sciences

UCHIDA, Satoko

Department of Biochemistry and Bioinformative Science, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui

Abstract：

This report summarizes the improvements of physics laboratory exercises from the viewpoint of physics education in the Faculty of Medical Sciences, University of Fukui. The textbook was revised, the radiation counter was modified, and devices for measuring pendulum period and atomic spectra were developed in order to meet the needs of medical students. As a result, each subject of laboratory exercises became more efficient for the students to understand the phenomena of physics and the rudiments of medical machinery.

Key Words：physics education, equipments, medical students

（Received 22 August, 2005；accepted 2 November, 2005）

1 はじめに

福井大学医学部では，医学科および看護学科の学生に対し，それぞれ，開講科目「医科学基礎実習」または「生命基礎科学実験 III」で物理学の実験実習を行っている。

実習の意義は，講義と違って学生が主体的に取り組め，物理現象を直接に体験できることである。それまで机上で知識として学んできた内容を自身で経験することで，より現実の現象として理解を深められるようになる。また，物理量の測定やデータ処理を行い，得られた結果を検討する過程を通して，科学的な態度や考え方を養うことができる。このような科学的分析的思考方法は，自然科学を探求する上で基礎となるものである。更に医学部の学生にとって，測定機器の原理を理解しながら，それらの扱いに慣れ，目的に応じた操作を行うという経験は有意義である。医療現場では，高度な科学技術による医療機器を用いて治療や診断が行われる。医療機器をブラックボックスとしてマニュアル通りに操作するのではなく，基本的な動作原理を理解した上で取り扱うことで，事故の防止に繋がるだろう。

以上のような実習の意義を踏まえて，実習課題は「オシロスコープ」，「放射線計測」，「測定精度」，「量子物理」を題材としている。

「オシロスコープ」では，オシロスコープの動作原理や使用方法を習得することで，電気現象の時間的な変化を観察する機器の原理を理解できるよう意図している。また，電気信号や電気回路の基礎を理解することを目的としている。心筋の活動電位を測定する心電計や大脳皮質の神経細胞の活動電位を測定する脳波計など，医療機器には電気現象の時間的変化を計測するものが多くある。オシロスコープの基本的な原理を理解することは，生体での電気現象を測定する医療機器の原理や測定結果の物理的意味を理解する際に有効である。更に他の科目の実習でオシロスコープを用いた測定を円滑に行えるように，オシロスコープの使用方法を習得しておくことは重要である。

「放射線計測」では，放射線と計数装置について理解を深めることを意図している。レントゲン撮影やX線CT（Computed Tomography）などのX線撮影による診断，高エネルギーγ線や陽子線を照射する放射線治療，特定の組織や臓器に親和性をもつ薬剤をRI（Radio Isotope）で標識して生体に投与し，その分布を追跡して病気の診断を行うトレーサー利用，陽電子を用いて脳や心臓の断層写真を得るPET（Positron Emission Tomography）など，放射線は診断と治療において多様に用いられている。このように医療で用いられる人工放射線の他に，我々の周りには地殻に存在する天然の放射性物質からの放射線や宇宙線などの自然放射線があるが，直接に知覚されないため，日頃は意識することがほとんど無い。このような放射線の計測方法および装置の計数効率，放射性元素の崩壊現象のもつ統計的特徴，また，放射線防護の基本的知識を，この課題では実際に放射線を計測する過程を通して学ぶ。

「測定精度」では，振り子の周期や弾性率などの測定に対して誤差論に基づいた測定精度の検討を行う。これにより統計学を実際に用いて，統計処理についての理解を深めることができる。どのような測定をすれば目的とする精度の結果を得ることができるかを考察し，得られた測定値から結果を導出して評価を行うことは，あらゆる測定において必要となる手法である。

「量子物理」では，光に関する測定を通じて量子物理現象を理解することを目的としている。現代の科学技術においては，ナノテクノロジーの言葉で代表されるように，光や原子・分子を直接制御することが可能となっている。これらの技術を可能としているのは，極微の世界の物理法則（量子物理）についての十分な理解である。光ファイバーによる内視鏡，体内に大量に存在する水素原子中の陽子の核磁気共鳴により断層画像を得るMRI（Magnetic Resonance Imaging），その強力な磁場を作り出す超伝導体による電磁石など，量子現象を利用した医療機器が次々と開発されている。この課題では，原子から放出される特有の光を分光器を用いて観測し，量子現象について理解を深めることを目的としている。

物理学実習室には10種類以上の実習課題に関する機器が用意されているが，実習課題によっては，機器の取り扱いに多少の熟練が必要なものがある。しかし，実習時間は限られているため，実習内容の理論的側面からの理解や得られた測定結果の検討に時間を掛ける方が有益である。また，同種の実習機器であるにもかかわらず，20年程前に購入した古い機器と追加購入した新しい機器とで性能が異なり，教育的でないものがあった。

実習をより効果のあるものとするために，以下の課題

i. 重力加速度の測定(「測定精度」の実習課題)

ii. 放射線計測

iii. 分光器(「量子物理」の実習課題)

について，実習機器の改良および開発を行った。また，実習書についても，昨今の入学試験の多様化により物理学に関する知識が一様でない学生への対応を含めて，大幅に改訂を行った。

次節以降では，まず実習書の改訂について報告し,続いて，実習機器の改良および開発について，その内容を実習課題別に報告する。

2 実習書の改訂

実習書の改訂にあたって，実験に関する物理的概念や実験機器の原理，および機器の取り扱い方法など，実習に関することは全て実習書に載せる方針とした。主に以下のような特徴が挙げられる。

1. 実習に関する物理的概念や機器の原理を，基本的な内容から解説した。その際，大学初年度までに学習する数学を用いて解説したが，内容によっては，微積分を用いる代わりにベクトルを用いるなどの工夫をした。また，理解を助けるために図を多用した。
2. 測定の手順を記すと同時に，その測定の目的を明瞭に示すことで，実習課題全体における個々の測定の意義を明確にした。
3. 使用する機器や測定器の写真を載せ，取り扱いの手順や使用方法を詳細に説明した。これにより，それまで1グループ(3人または2人)に対し1部用意していた機器の取扱説明書が各学生の手元にあるようになり，全員が実習に取り組みやすくなった。また，簡単な機器であれば教官の説明を待たなくても取り扱えるようになり，実習時間を有効に活用できるようになった。
4. 数式の導出や概念の説明を演習問題とすることで，理解の確認を図った。
5. 実習で必要となる物理定数や数学公式を付録としてまとめ，他を参照する手間を省くよう配慮した。

また改訂に際して全てを電子化した。これにより，内容を更新しやすくなり，学生の疑問点や最新の情報を迅速に反映できるようになった。

3 重力加速度の測定

「測定精度」の実習課題として，重力加速度の測定を行っている。これは「ケーターの可逆振子」と呼ばれる実体振子の周期から測定地点での重力加速度を得る実験である。この測定では，周期をより精密に計測することが求められる。しかし，これまでの望遠鏡による目視とストップウォッチによる周期の測定では誤差が大きく，重力加速度を実習時間内に適切な精度で得ることが困難であった。そこで，10^{-4} 秒の精度まで計測できる周期計測器を作成した。

3.1 周期計測器

周期計測器は，時間測定器(図 1 参照)と光電スイッチ(図 2 参照)の 2 つの部分からなる。

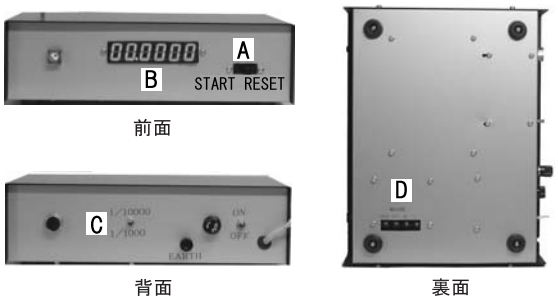

図 1 ： 時間測定器

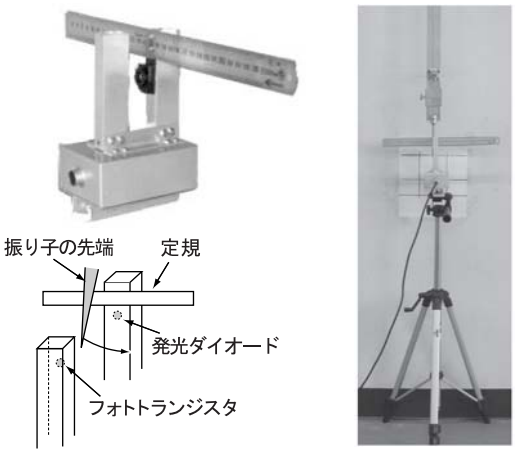

図 2 ： 光電スイッチと振り子

光電スイッチは，発光ダイオードとフォトトランジスタからなり，発光ダイオードから発せられる光をフォトトランジスタが感知する(図 2 参照)。定規は，振り子の振幅を決定する際に用いる。

時間測定器は，背面の1/10000，1/1000の切り替え(図1のC)により，1/10000では10^{-4}秒単位で最大99.9999秒まで，また1/1000では10^{-3}秒単位で最大999.999秒まで，正面に表示(図1のB)される。

時間測定器のスタート・ストップは，光電スイッチにより行われる。時間測定器正面にある切り替え(図1のA)を“START”にした状態で，発光ダイオードとフォトトランジスタの間を，振り子が初めて横切ったときにスタートする。その後，振り子が発光ダイオードとフォトトランジスタの間を横切るたびに計数され，この計数値が時間測定器裏面(図1のD)に設定された測定回数に達するとストップする。測定回数は最高9999回まで設定できる。時間計測器正面にある切り替えを“RESET”にすると，表示部は“0”に戻り、再び“START”に切り替えると改めて計測が開始される。

3.2 周期計測器の作成

回路は，電源(NEMIC-LAMBDA, HK10A-5)，スイッチ，青色発光ダイオード(NICHIA, NSPB500S)，フォトトランジスタ(TOSHIBA, TPS601A)，フォトトランジスタ用アンプ(UNIEL, CF-304T)，4桁プリセット・アップ・カウンター(UNIEL，CP-903K)，6桁1/100秒タイムカウンター(UNIEL, CM-672D)，ディジタルIC(TOSHIBA, TC4011BP)2個からなる。

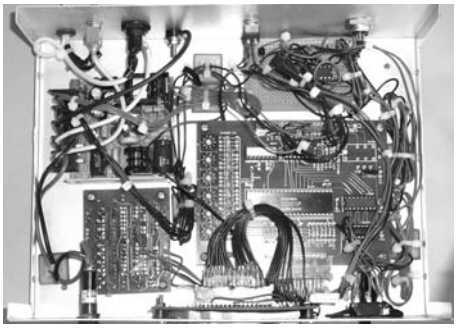

図3 ： 時間測定器の内部

これらのうち時間測定器として，電源，スイッチ，4桁プリセット・アップ・カウンター，6桁1/100秒タイムカウンター，ディジタルICを1つのアルミケースに収めた(図3参照)。また光電スイッチとして，発光ダイオード，フォトトランジスタはアルミの四角柱状の筒に収め，発光ダイオードから出される光の集束を良くするために，使い捨てカメラのレンズを取り付けた。また，フォトトランジスタ用アンプは，小型のアルミケースに収めた(図2の左上参照)。

回路図を図4に示す。フォトトランジスタ用アンプ，4桁プリセット・アップ・カウンター，6桁1/100秒タイム

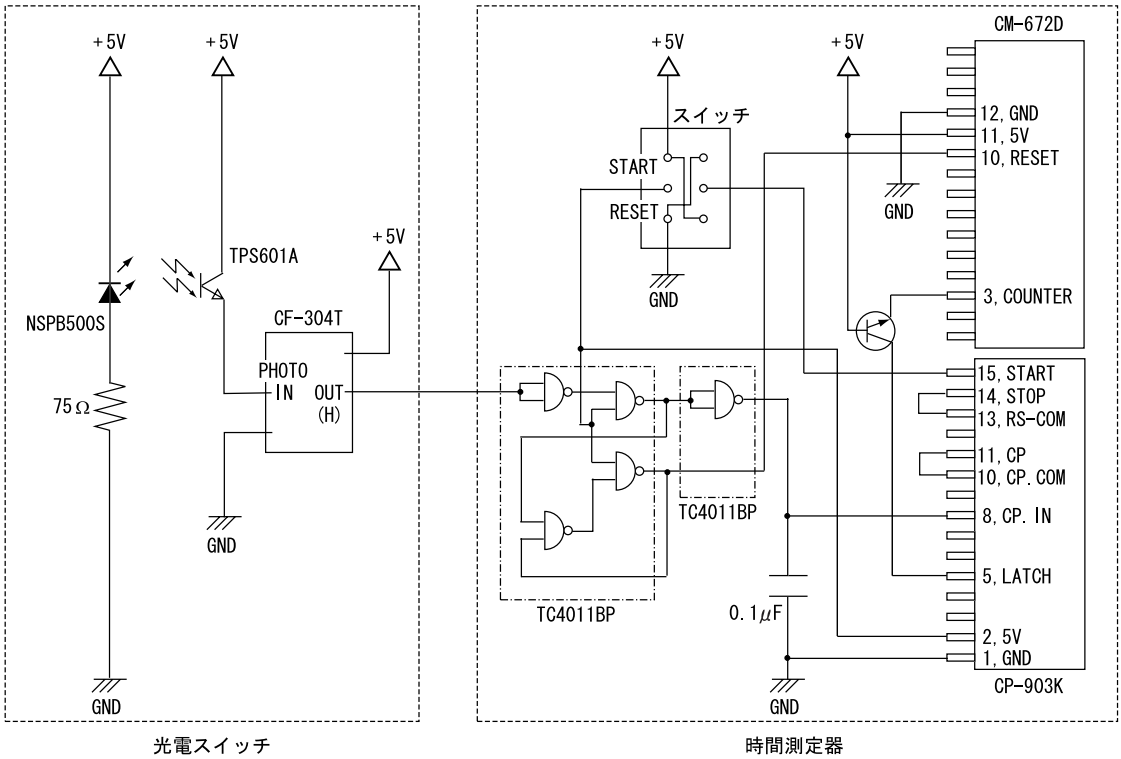

図4 ： 周期計測器の回路図

カウンターは，ユニエル電子の基盤ユニットで，これらが NAND 回路(図 4 の TC4011BP)を介して接続されている。フォトトランジスタ用アンプはフォトトランジスタからの出力を増幅し，方形波に整形して，4桁プリセット・アップ・カウンターにパルスを加える。4桁プリセット・アップ・カウンターは，入力されたパルスの数が設定値(図 1 の D)に達すると制御信号を出力し，表示を停止させる。6桁1/100秒タイムカウンターは，クロック IC およびカウンターIC を含んでおり，表示部(図 1 の B)に経過時間を出力する。

3.3 他の用途

周期計測器のうち時間測定器の部分を，大学開放事業「わくわく物理実験室」における演示実験で，スタートからゴールまでにかかる所要時間の計測に使用した。

スイッチ部分は，光電スイッチの代わりに，マイクロスイッチ(OMRON, Z-15GW22-B)を用いた。図 5 のように，マイクロスイッチをスタートとゴールの2箇所に設置し，OR 回路(PHILIPS, 74HCT32)を通してフォトトランジスタ用アンプに入力することにより，スタートとゴールの2箇所での ON-OFF を可能とした。これにより，スタートからゴールまでの所要時間を計測することができる。

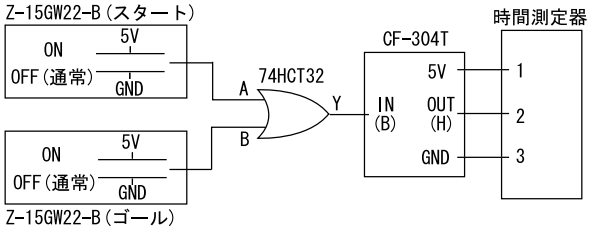

図 5 ： スタート・ゴール所要時間計測の概念図

4 放射線計測

放射線計測の実験では，放射性元素 ストロンチウム90の崩壊によって放出される放射線(β線)を Geiger-Müller(G-M)計数管を用いて測定する。具体的には，単位時間あたりの計数値の統計的振る舞いや遮蔽物の厚みによる計数値の変化を調べる。これらの測定を通して，放射性元素の崩壊現象のもつ統計的特徴やβ線の特性，また，計数装置の効率についての理解を深めることを目的としている。特に放射線計数装置には，不感時間と呼ばれる時間内に連続的に入射する放射線を計数できない機構が，その計数の原理から必然的に生じる。このような計数装置の原理とそれに伴う特性を理解することも，この実験の主要な目的のひとつである。

不感時間は，二線源法を用いて実験により求めることができる。この方法では，強度がほぼ等しい同種の 2 つの放射線源を用い，2 つの線源における計数の方が，1 つの線源における計数よりも，連続的に入射する放射線を計数できない確率が高くなる現象を利用して不感時間を求める。

本学の物理学実習では，現在6台の放射線計数装置(SHIMADZU, RMS-6: 2台, RMS-60: 4台)を使用している。これらの放射線計数装置のうち，近年購入した放射線計数装置 RMS-60の不感時間が10^{-5}～10^{-6}分程度であるのに対し，以前から使用している放射線計数装置 RMS-6の不感時間は，10^{-6}分程度以下と1桁以上小さかった。そのため，同時に実験を行う6台の放射線計数装置で同程度の精度の不感時間を得るためには，RMS-6での測定に極めて長時間を要する。そこで，すべての放射線計数装置で同程度の不感時間が得られるように調整を行った。

4.1 不感時間の調整

β線は高速で進む電子なので，G-M 計数管ガス(ネオン，アルゴン)の中を通ると，ガスの分子をイオン化し，イオン化されてできた電子がさらに新しくガス分子をイオン化することで大きな電離電流，すなわち電圧パルスが生じる。この電圧パルスを，電子回路により 1 個のβ線による信号として検出する。1 個のβ線によって生じたガス中のイオンが元の分子に戻るためには一定の時間が必要である。この時間が経過しないと次のβ線を認識することができない。この回復に必要な時間は不感時間と呼ばれる。

G-M 計数管に発生する電圧パルスは計数装置の電子回路に入力される。電子回路には一定の電圧（バイアスレベル）が設定されており，G-M 計数管の電圧パルスがこの電圧を超えるとひとつの放射線として計数される。よって，このバイアスレベルを変化させることにより，不感時間を調整できる。例えば図 6 において，バイアスレベルが a であれば，事象 p を数え落すが，バイアスレ

ベルが b であれば，事象 p は計数される。そこで計数装置の電子回路の抵抗の1つを変更することでパルスとバイアスレベルの関係を調整し，不感時間を長くした。

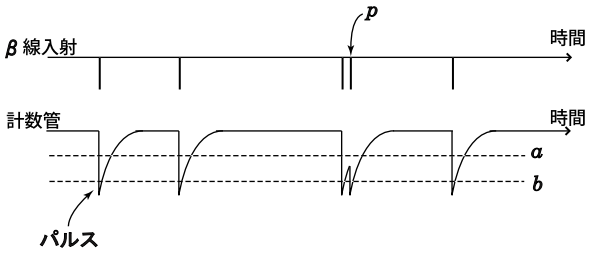

図 6 ： パルスとバイアスレベル

また，放射線計数装置 RMS-6と RMS-60とでは，使用されている G-M 計数管のメーカーが，フィリップス社(RMS-6)とセントロニック社(RMS-60)と異なり，フィリップス社の G-M 計数管での不感時間は短い傾向にあった。そこで更に，放射線計数装置の電気回路部分と G-M 計数管の組み合わせを変更した。

図 7 に，放射線計数装置6台それぞれの不感時間について，実習室にある3組の二線源法用線源を使用し，線源の置く位置を固定して計測した値について示す。図 7 から，いずれの線源を用いた場合でも，不感時間は10^{-5}～10^{-6}分程度で得られることがわかる。

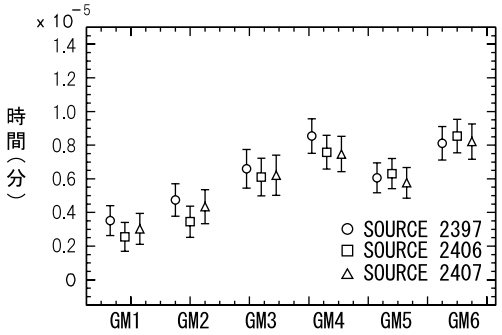

図 7 ： 不感時間

不感時間を測定する二線源法において使用する線源は，図8のように半月型のプラスチックに埋め込まれている。そのため，G-M 計数管の中心軸の延長線上に常に線源が位置するとは限らず，線源の位置により計数値が変化する可能性がある。そこで，線源の位置と計数値の関係を調べた。

線源のある置き方を0°としたとき，反時計周りに90°ずつ回転させて計数したときの，角度と計数の関係を図 9 に示す。この結果から，線源の位置により計数値が

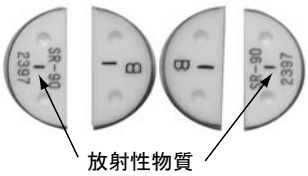

図 8 ： 二線源法用の線源

変化することが明らかになった。そこで，線源の置き方にあいまいさがないように位置を明示することとした。学生が行う測定において，不感時間が負の値として求められることがあったが，線源の位置を固定して計数することで，不感時間は常に正しい値として得られるようになった。

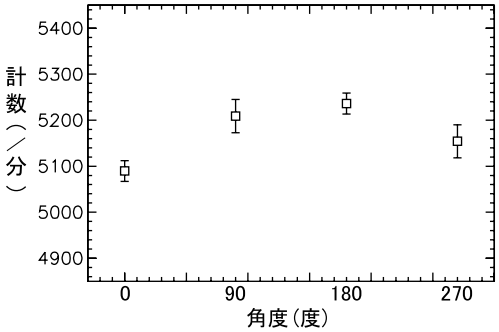

図 9 ： 線源の位置と不感時間

5 分光器

「量子物理」の実習課題として，水素やナトリウムなど数種類の元素が放出する光をプリズム分光器を用いて観測する。特に水素については，観測によって得られたスペクトルをボーアの量子論に基づいて考察することで，原子構造に関して理解を深めることを目的としている。また，現在では各元素についてその詳細なスペクトルがわかっており，未知の物質に含まれている元素の分析に，医学や生物学を含めた多くの分野で利用されている。この分光法の基本原理に触れることも目的である。

これまで「量子物理」の実習課題として，この分光器の実験の他に3つの課題(回折格子を用いたスペクトル線の観察，レーザーによる光の性質の観察，光電効果によるプランク定数の測定)を設けており，学生にはこれらの課題の1つを割り当てていた。しかし，各実習課題によって所要時間や内容の難易度に差があるため，内容および所要時間が適度である分光器の実験を学生全員が行えるようにした。

分光器の実験で必要な機器は，分光器，高電圧でスペクトル管を発光させる高圧電源装置，交流 100V によりランプを発光させる光源装置である。従来，スペクトル管の放電には電源装置および誘導コイルを用いて高電圧を発生させていたが，誘導コイルは1台20万円程度で学生全員が同様の実験を行うのに必要な3台の実験装置を更に購入するには高額な費用を要する上，放電の操作を行い難かった。また，従来使用している交流100V によりランプを発光させる線スペクトル光源装置 (SHIMADZU，SE-N)は，製造中止で販売されていない。そこで，スペクトル管を簡単に発光させることのできる安価な高圧電源装置と，ランプを発光させる光源装置を製作した。

5.1 高圧電源装置の開発

高圧電源装置(図 10 参照)は，主に護身用のスタンガン(BLACK EAGLE, 999MS)の電子回路を用いて製作した。

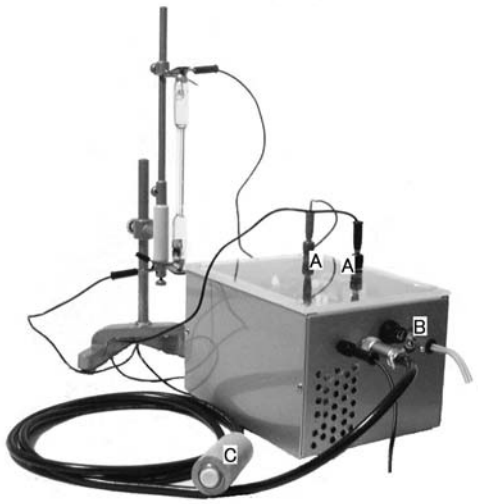

図10 ： 高圧電源装置とスペクトル管

スタンガンは通常の使用方法として数秒間程度の放電が想定されているが，実習でスペクトル管を放電させる際には，数十秒から一分程度の連続放電を間をあけずに数回行う。そのため，連続的に流れる電流と回路素子に発生する熱に対処することが，この高圧電源装置製作での要となる。

スタンガンは，スイッチ，ブザー，基盤，誘導コイル，高電圧端子から成っている。このうちブザーは取り外し，スイッチと高電圧端子は高圧電源装置として使い良い部品に交換した。電子回路の基盤は概ねそのまま使用し，誘導コイルはそのまま用いた。また，スタンガンでは 9V アルカリ乾電池を使用する仕組みになっていたが，高圧電源装置では交流 100V の商用電源を用いるために，AC アダプター(電気工業, PA920)を用いた。これらの部品と放熱器(フジシャー，FH100)，冷却用のファン(SANYO DENKI, 109S050)をアルミケースに収めた(図 11 参照)。高電圧用端子(図 10 の A)を取り付ける部分は，端子とアルミケース間で放電するのを避けるため，アクリル板に付け替えた。

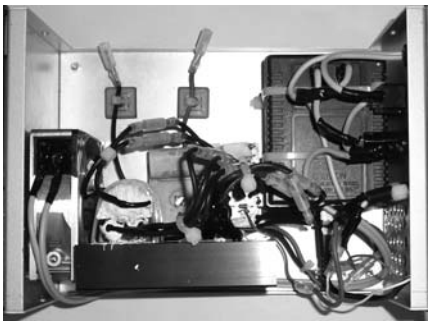

図 11 ： 高圧電源装置の内部

回路図を図 12 に示す。9V-GND 間に 9V 直流電圧を供給すると，トランス(図 12 の 1-2-3)のコイル 1 に電流が流れる。更に，トランジスタにより増幅された電流がコイル 2 に流れ，コイル 3 の両端に電圧が誘導される。この電圧によりコンデンサーに電荷が十分に蓄えられると，間隙 g で放電が起こり，誘導コイルの 1 次側に電流が流れる。間隙 g での放電は断続的に起こるので，1 次側コイルに流れる電流が時間的に変化し，誘導コイルの 2 次側に高電圧が発生する。HV は高電圧端子(図 10 の A)に接続される。

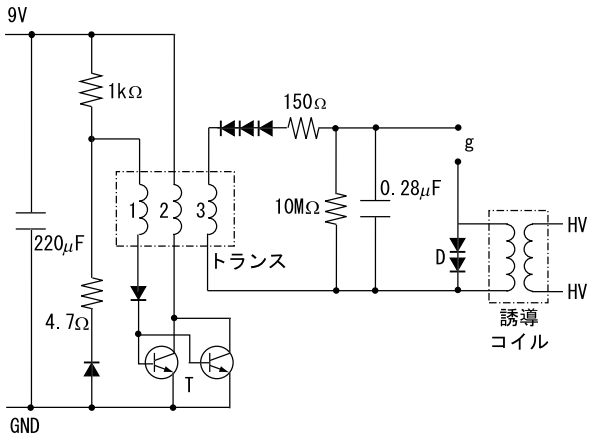

図 12 ： 高圧電源装置の回路図

以下に，各部品を組み立てる際に留意した事項について述べる。

連続放電により発生する熱への対処

連続放電により回路素子に発生する熱に対処するため，誘導コイルに接続されているダイオード(図 12 の D)，トランジスター(図 12 の T)およびトランス(図 12 の 1-2-3)に対して，以下のような処置を行った。

1) ダイオードは，熱縮チューブで絶縁した後，銅板を被せて放熱器に接触させた。

2) トランジスターは，高電圧多電流に耐えることのできる高周波用NPN型トランジスタ(HITACHI, 2SC2612)に交換し，放熱器に取り付けた。放熱器に取り付ける際には，放熱器とトランジスタの間に熱伝導性絶縁シートを挟み，プラスチック製ネジで固定した後，更に放熱用シリコン(サンハヤト, SCV22)を用いて固定した。

3) スタンガンに用いられていたトランスは，連続放電により断線，短絡などの破損を繰り返した。そのため，クランプフィルター(TDK, ZCAT30351330)をフェライトコアとして銅線(SUNCO CORPORATION, UEW ポリウレタン銅線)を巻いたトランスを製作した。

トランスの巻き数は，入力電圧と出力電圧の比が，スタンガンに使用されていたトランスの電圧比とほぼ同じになるように，コイル 1を5巻き(銅線径0.8mm)，コイル 2を7巻き(銅線径0.8mm)，コイル 3を190巻き(銅線径0.5mm)とした。コイル 1への入力信号の周波数と，入力電圧(V_1)に対するコイル 3からの出力電圧(V_3)の比との関係を図 13 に示す。更に熱による銅線の被覆の損傷を防ぐため，銅線を巻きつける過程で放熱用シリコン(サンハヤト, SCV22)を塗布した。このトランスを放熱器に接触させ，固定した。

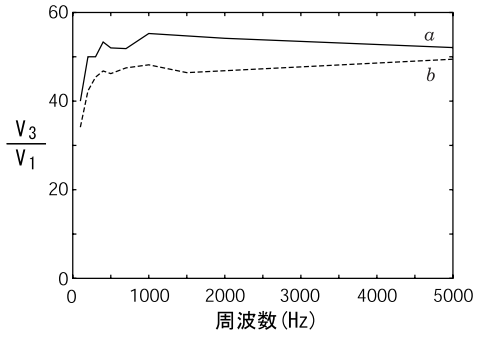

図13： トランスの入力信号周波数と増幅率（*a*: スタンガンに使用されていたトランス，*b*: 製作したトランス）

スイッチ

スイッチは2つ使用し，1つは，高圧電源装置に100Vの商用電源を供給するスイッチ(ACアダプターと冷却用ファンに電圧を供給する，図 10 の B)で、トグルスイッチを用い，アルミケースに取り付けた。

もう1つは，高電圧端子間に高電圧を発生させるための手元スイッチ(図 12 において9V-GND 間の電圧を供給する，図 10 の C)で，アルミケースから約1.5m の長さのケーブルを伸ばし，先端に押しボタンスイッチを取り付けた。こうすることで，アルミケースに取り付けられた端子間に高電圧が発生している時に，アルミケースに直接に手を触れることを避けられるため，誤って感電する可能性を小さくできる。

アースと絶縁

高圧電源装置では高電圧が発生するため，感電防止に配慮する必要がある。当初は，アルミケースにアース端子をつけ，実習室の各実習机に取り付けられている商用電源コンセントのアース端子に接続した。しかし，同実習室内にて他の実習課題で使用中のオシロスコープにアースを介して雑音が入った為，アースはとらないことにした。このため絶縁対策として，高圧電源装置のアルミケース全体を 5mm 厚のゴム板で覆った。

5.2 光源装置の製作

従来使用している線スペクトル光源装置(SHIMADZU, SE-N)では，交流 100V の商用電源から安定器を通して，光源ランプに接続される(図 14 参照)。これは蛍光灯の基本的な点灯回路と同様である。また光源ランプのソケット部分は，電球のソケット部分と同様の形状である。

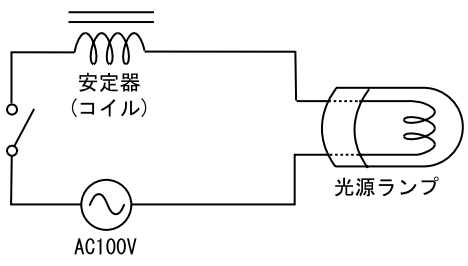

図 14 ： 光源装置の概略図

そこで安定器は，デスク用蛍光灯スタンドで使用されているものを使用し，光源ランプのソケットは，デスク用電球スタンドを使用して，光源装置（図 15 参照）を製作した。

図 15 ： 光源装置

従来使用している光源装置の安定器とデスク用蛍光灯スタンドの安定器について，入力信号（電圧24.0Vp-p）の周波数に対する出力電圧の変化を図 16 に示す。図 16 から，従来使用している光源装置の安定器と学習用の蛍光灯スタンドの安定器は，入力信号の周波数に対し，ほぼ同じ特性を示すことがわかる。これにより，学習用の蛍光灯スタンドの安定器を光源装置の安定器として使用できることが確認された。

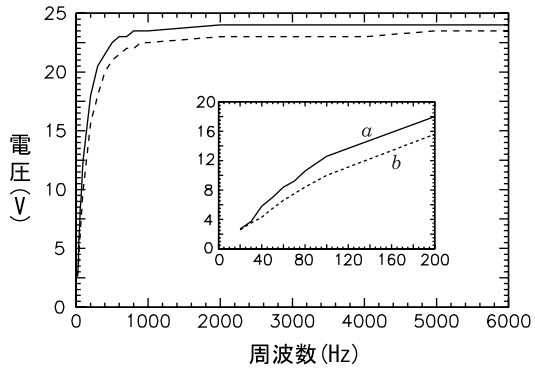

図 16 ： 安定器に対する入力信号周波数と出力電圧の関係（*a*；従来使用している光源装置の安定器，*b*；デスク用蛍光灯スタンドの安定器）

6 まとめ

物理学に関する実習について，実習書の改訂，および実習課題「重力加速度の測定」，「放射線計測」，「分光器」における実習機器の改良および開発について報告をした。

実習書の改訂では，物理的概念や実習機器の原理，および機器の取り扱い方法などを詳細に記すことで， より円滑に実習が行えるようになった。また，基礎的な内容から全て実習書において解説し，それに基づいて個々の概念や測定内容を考えられるような構成にしたことで，高校物理未履修の学生にも対応できるようになった。

「重力加速度の測定」では，周期計測器の作成により，計測に要する手間と時間が軽減され，内容の理解により多くの時間を割くことができるようになった。また，新たな実験内容を設けることができ，より充実した実習課題となった。

「放射線計測」では，放射線計数装置の不感時間に関して詳細な調査を行い，それに基づいて調整することにより，同時に使用される全ての計数装置で，同程度の不感時間が得られるようになった。これにより計数装置の測定原理と，その原理から計数装置に必然的に伴う不感時間に対する学生の理解が深まった。

「分光器」では，高圧電源装置と光源装置を開発することにより，量子物理の課題として全ての学生が分光器の課題を行えるようになった。また，簡便な操作でスペクトル管を発光させることができるようになった。

市販の実習用機器は優れた性能を有しているが，実習課題に対して必ずしも最適であるとは限らないため，改良する必要がある。また高価な機器は，全ての学生に行きわたるように十分な数を用意することは困難であるが，実習内容の限定した目的のためだけならば，安価に製作することが可能である。

各実習課題の内容を理解するためには，それまで学習してきた力学，電磁気学，量子論，統計学などのそれぞれの分野に閉じず，あらゆる知識を駆使して考えることが不可欠である。このような観点から，実習は，物理学の教育のひとつの形として大きな役割を担っているといえる。また実習は，物理学に関する理解を深めるだけでなく，今後の他の科目で行われる実習へ取り組

む際の基本的態度を学ぶ場でもある。実験手順の確認を怠った，単位を間違えた，などの失敗の経験も，今後に生かされるだろう。特に医学部の学生は，医学に関する勉学への動機が強いので，物理学の実験実習へ意欲的に取り組めるように，実習の意義を明確にしたり，実験課題の題材を医療に関するものから選ぶなどの工夫が肝要である。

今後は更に，医療機器や生体現象に関連した物理現象および日常生活で身近に感じられる物理現象を取り入れて，実習内容の見直しや，装置の改良および開発を進めていく予定である。

謝辞

周期測定器の作成にあたり，ご教示頂きました東北大学理学部の綿村哲先生に感謝致します。また，周期測定器の作成，不感時間の調整，高圧電源装置および光源装置の開発にあたり，ご教示頂き，また議論をして頂きました福井大学医学部の田村圭介先生に感謝致します。